



**Any Logic for the modeling of
logistics systems**



**Joint Project: Capacity Building in
the Field of Higher Education
ERASMUS+ 2018**

Crisis and Risks Engineering for Transport Services

**D-r of Engen. Sc.,
Professor
Viacheslav I. Matsiuk**



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Kyiv, 2022



AnyLogic. Общая характеристика



Специализированная программная среда для разработки имитационных моделей.
Разработан международной компанией **The AnyLogic Company** (США).

www.anylogic.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Общая характеристика



Почему AnyLogic?

1. Поддерживает разработку моделей в соответствии с тремя наиболее распространенными принципами имитационного моделирования:

- системная динамика (system dynamics);
- дискретно-событийное моделирование (discrete-event);
- агентное моделирование (agent-based),

и, что очень важно, позволяет использование всех трех принципов сразу.

2. Базируется на объектно-ориентировочном языке программирования **Java (Oracle)**, что позволяет использовать в качестве инструментов одну из крупнейших библиотек готовых программных решений.

3. **The AnyLogic Company** предлагает три варианта продукта. Доступ к любой версии – условно бесплатный (30 дней).



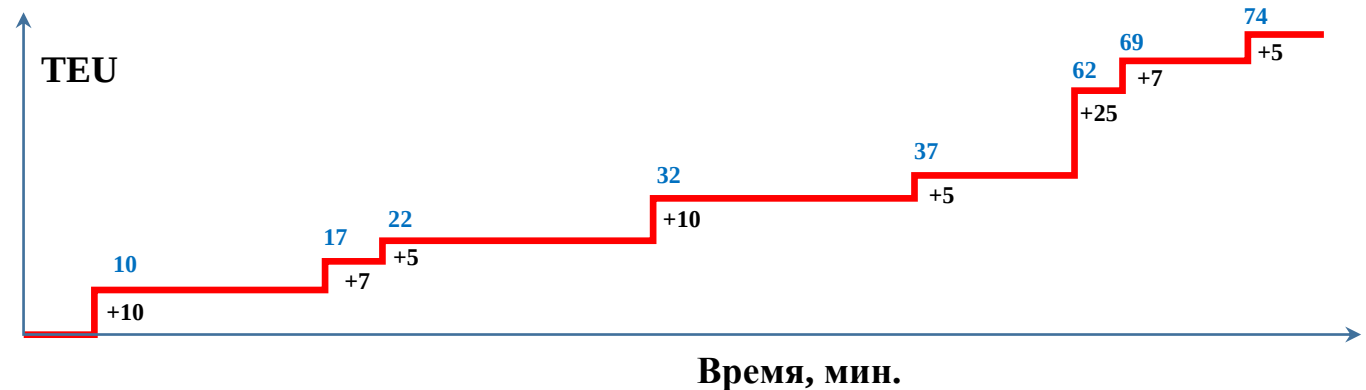
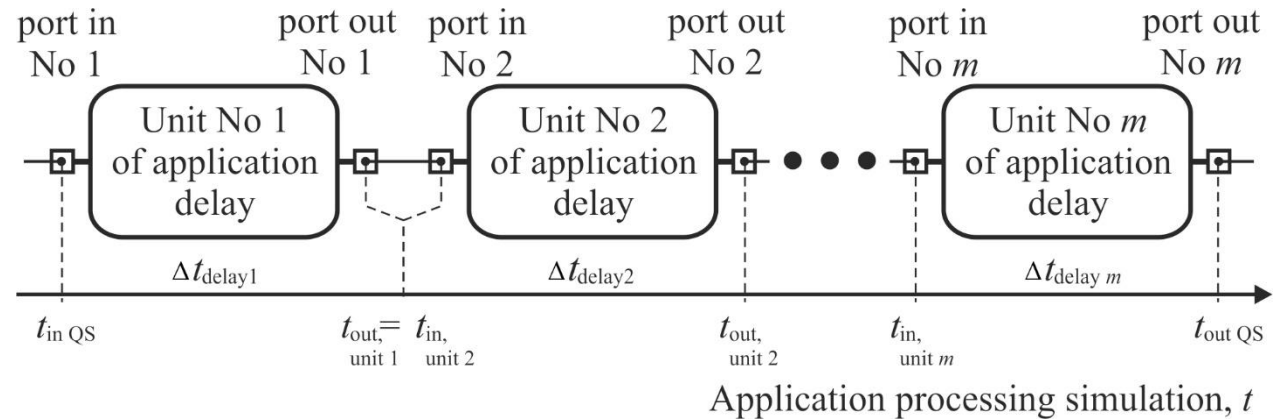
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Дискретно-событийное (discrete-event) моделирование



1. Переход через этапы обработки представляет собой условную границу, и не имеет собственной продолжительности.
2. Условная граница перехода между технологическими операциями будет соответствовать моменту перехода заявки из одного блока в другой.
3. Такой принцип позволяет программно фиксировать момент входа заявки в блок программы, соответствующий началу технологической операции, и момент выхода заявки из блока, соответствующий завершению технологической операции.

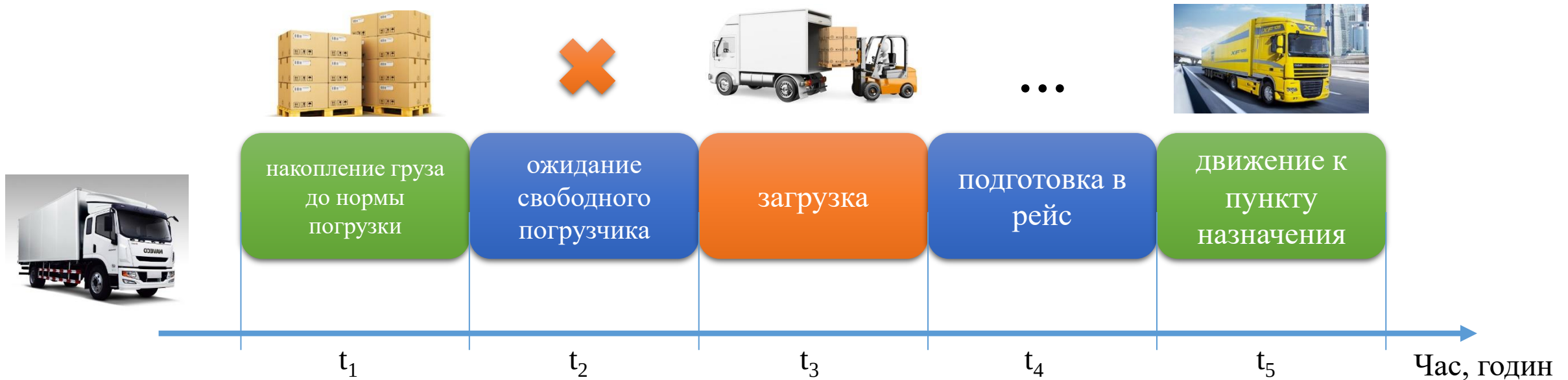




AnyLogic. Дискретно-событийное (discrete-event) моделирование



Очень удобно моделировать транспортные, логистические, производственные и другие процессы, где момент завершения каждой операции является моментом начала следующей операции:



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

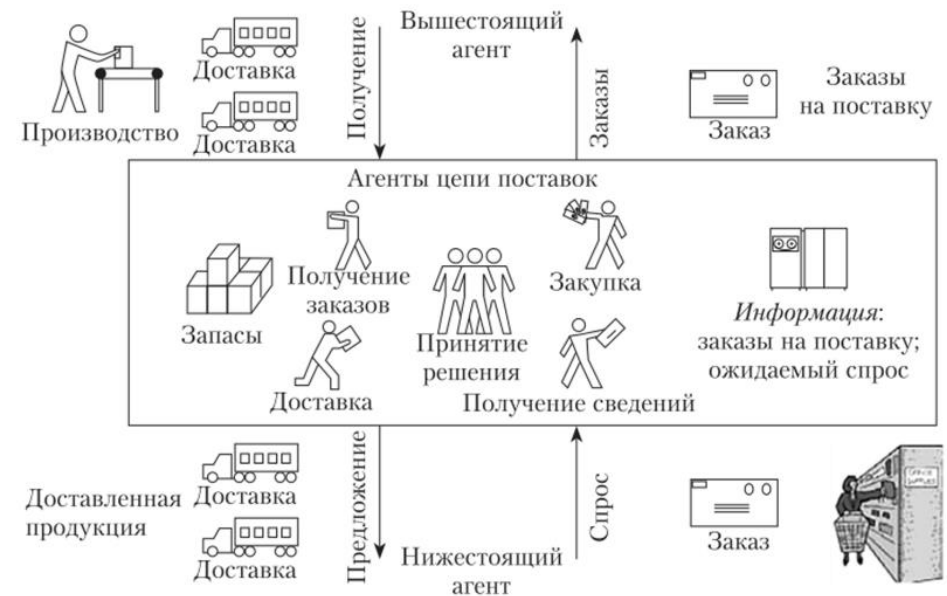


AnyLogic. агентное моделирование (agent-based, ABM)



ABM - подход цифрового моделирования действий или взаимодействия автономных агентов (индивидуальных и коллективных сущностей таких как группы или организации) с целью оценки их влияния **на систему в целом**:

- является развитием дискретно-событийного моделирования;
- из всех видов имитационного (математического) моделирования наиболее отражает сущность **системного подхода**;
- позволяет моделировать сложные системы с разным набором элементов и подсистем – агентов. Каждый из агентов имеет свою природу поведения и «по своему» влияет на состояние системы.

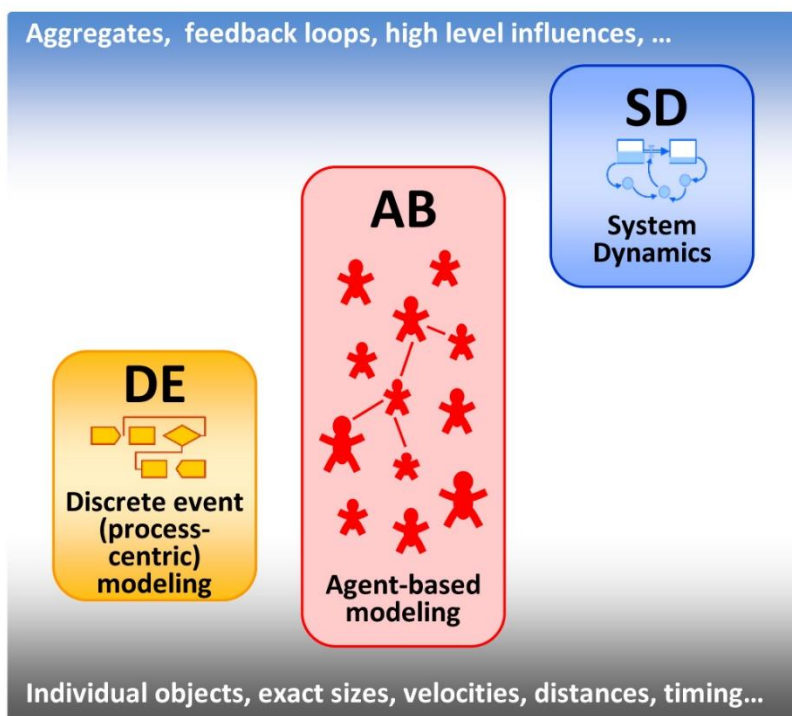


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic.

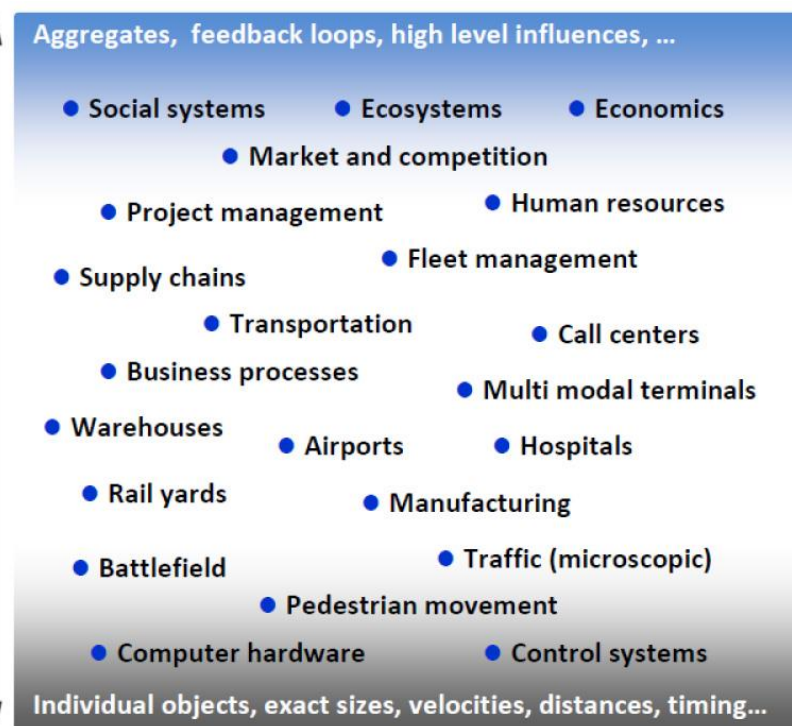
Сравнение принципов моделирования



High abstraction level
(minimum details,
macro level,
strategic level)

Medium abstraction level
(medium details,
meso level,
tactical level)

Low abstraction level
(maximum details,
micro level,
operational level)



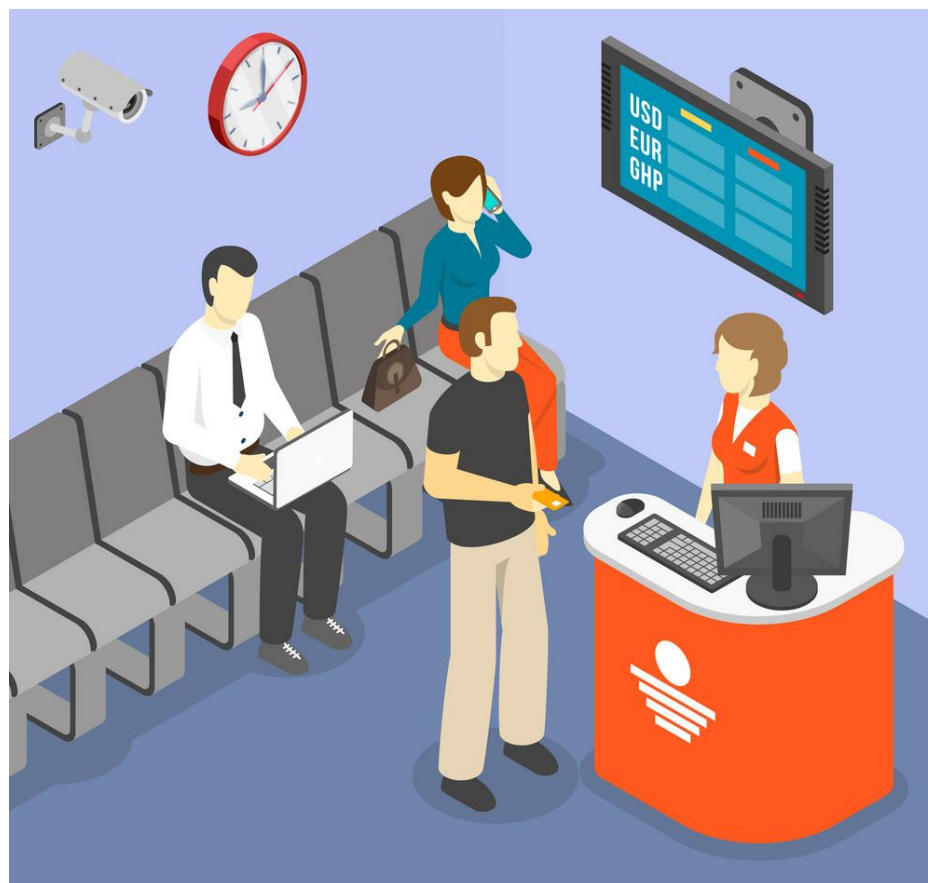
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели



Моделирование одноканальной системы массового обслуживания (СМО)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели

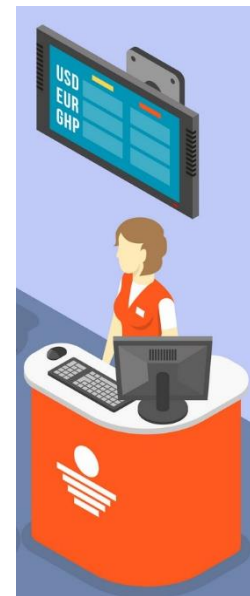


Моделирование одноканальной системы массового обслуживания (СМО)

Поток заявок



Обслуживание



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели



Моделирование одноканальной системы массового обслуживания (СМО)

Поток заявок

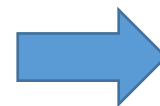


Клиентов
в минуту



В очереди:
2

Обслужи
вается: 1



Обслуживание



Кол-во
кассиров: 1



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



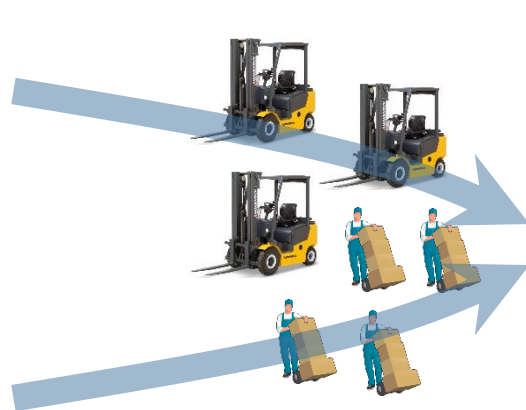
AnyLogic. Типовая задача



Исходные данные. Процесс.

Работа (выгрузка) терминала пакетированных грузов с двумя подпроцессами:

- а) выгрузка автомашин;
- б) выгрузку железнодорожных вагонов.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Исходные данные



Показатель грузовой линии терминала	Автомобильная	Железнодорожная
Интенсивность прибытия, единиц в сутки	10	8
Среднее время выгрузки, часов	3.5	7.5
Потребность в грузовых ресурсах		
- автопогрузчики	1	2
- грузчики	2	3
Время работы терминала линии терминала	круглосуточно	круглосуточно
Входящий поток транспортных средств случайный	Пуассона	Пуассона
Время выгрузки случайное	Треугольный (0.75t, t, 1.5t)	Треугольный (0.75t, t, 1.5t)





AnyLogic.

Постановка исследовательского задания



1. Экспериментально установить оптимальные параметры грузового терминала – количество автопогрузчиков и грузчиков терминала.
2. Критерием оптимизации выбрать среднее (суммарное) время нахождения транспортных единиц на грузовом терминале, с учетом времени простоя в очереди.
3. Условия моделирования и предположения:
перерабатывающая способность терминала и количество каналов обслуживания производны от количества средств для выполнения грузовых операций;
автопогрузчики и грузчики обслуживают одновременно две грузовые линии: железнодорожную и автомобильную;
емкость терминала и пропускная способность транспортной системы достаточно;
количество мест в очереди не ограничено.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Методика проведения исследования.



Математическое обоснование.

Среднее (суммарное) время нахождения транспортных единиц под обслуживанием зависит от параметров грузового терминала, характера входных транспортных потоков:

$$\overline{\sum t_{\text{гр.}}} = f_a(f(N_a), f(t_{\text{гр.а}}), k_{\text{авт}}, k_{\text{гр}}) + f_3(f(N_3), f(t_{\text{гр.з}}), k_{\text{авт}}, k_{\text{гр.}}) \rightarrow \min;$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} \xi_p \leq \varphi(k_{\text{авт}}) \leq \xi_n, \\ \xi_p \leq \varphi(k_{\text{гр}}) \leq \xi_n, \\ k_{\text{авт}} = 1, 2, \dots, K_{\text{авт}}, \\ k_{\text{гр}} = 1, 2, \dots, K_{\text{гр}}, \end{cases}$$

где ξ_p - граница рациональности использования выбранного производственного ресурса;

ξ_n - граница надежности использования выбранных параметров производственной системы.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Методика проведения исследования.



Есть целевая функция стохастического программирования, которая представлена в неявном виде:

$$f_a(f_{exp}(10), f_{tr.}(3.5), k_{авт}, k_{гр.}) + f_3(f(8), f(7.5), k_{авт}, k_{гр.}) \rightarrow \min;$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} 0,5 \leq \varphi(k_{авт}) \leq 0,75, \\ 0,5 \leq \varphi(k_{гр.}) \leq 0,75, \\ k_{авт} = 1, 2, \dots, K_{авт}, \\ k_{гр.} = 1, 2, \dots, K_{гр.} \end{cases}$$



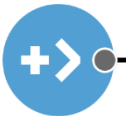
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

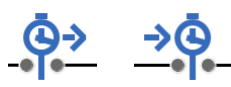


AnyLogic. Создание имитационной модели



Основные агрегаты библиотеки процессов среды разработки AnyLogic 8.7, используемые при моделировании:

Вид агрегата в среде AnyLogic	Функция и условия использования
	блок типа <i>Source</i> – генератор заявок. Генерирует входящий поток транспортных единиц по установленным параметрам
	блок типа <i>Sink</i> – завершение. Имитирует завершение процесса симуляции, выход транспортных единиц за пределы грузового терминала
	блок типа <i>service</i> – обслуживание. Имитирует процесс задержки транспортной единицы при ожидании в очереди и выгрузке
	блок типа <i>resourcePool</i> – парк ресурса. Имитирует процесс управления определенным производственным ресурсом

Вид агрегата в среде AnyLogic	Функция и условия использования
	блоки типа <i>timeMeasureStart</i> и <i>timeMeasureEnd</i> . Используются для фиксации времени нахождения заявки (транспортной единицы) между ними
	элемент типа <i>parameter</i> – используется для указания выходных параметров моделирования
	элемент типа <i>variable</i> – используется для промежуточных расчетов моделирования



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

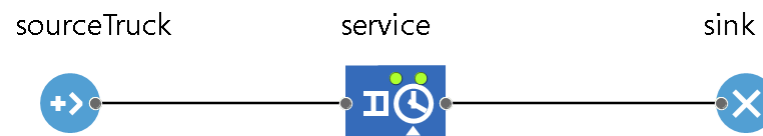


AnyLogic. Создание имитационной модели



1. Сначала моделируется:

автомобильная



и железнодорожная



линии выгрузки на грузовом терминале.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

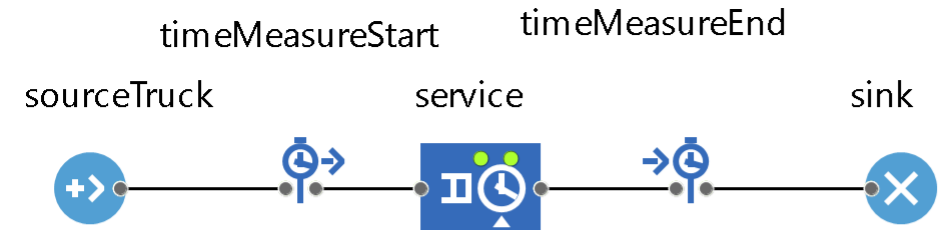


AnyLogic. Создание имитационной модели



2. Устанавливаются блоки типа *timeMeasureStart* и *timeMeasureEnd*

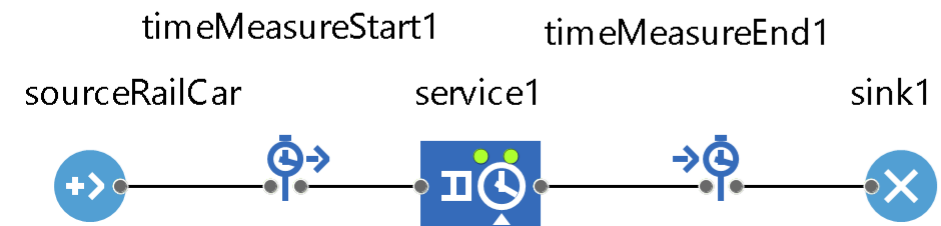
для возможности замера времени пребывания каждого транспортного средства в блоке службы. То есть для фиксирования времени нахождения транспортных единиц на грузовом терминале, с учетом времени нахождения в очереди. Добавляются блоки ресурсов: погрузчики (*loader*) и автопогрузчики (*car*).



loader



car



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели



3. Выносят все исходные параметры модели в элементы *parameter*:

truckNumber

truckTimeService

railCarNumber

railCarTimeService

loaderNumber

carNumber



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели



4. Добавление элемента типа *variable* – переменной, которая будет сохранять среднее значение времени обслуживания.

 timeServiceAver



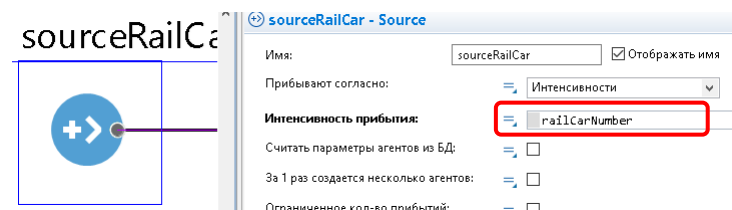
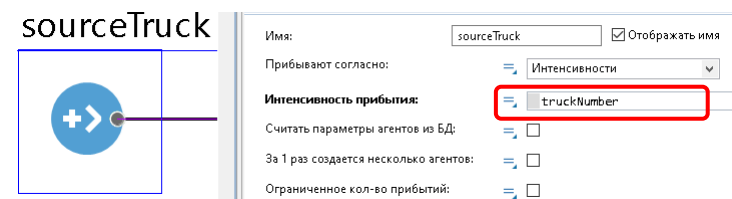
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели



5. Настройка блоков *Source*:
в графе «Интенсивность прибытия» указываем
наименования соответствующего параметра



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели



6. Настройка блоков *Service*:
в графе «Наборы ресурсов» указываем ссылку на соответствующие ресурсы и их нужное для каждой выгрузки количество

service

Захватить: ☒ (альтернативный) набор ресурсов
☐ ресурсы одного типа

Набор(ы) ресурсов:

car	1
loader	2

Добавить список

Максимальная вместимость: ☒

Время задержки: час

service1

Захватить: ☒ (альтернативный) набор ресурсов
☐ ресурсы одного типа

Набор(ы) ресурсов:

car	2
loader	3

Добавить список

Максимальная вместимость: ☒

Время задержки: часы



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Создание имитационной модели



7. Процесс фиксации времени будет производиться при выходе каждого транспортного средства из блоков типа *timeMeasureEnd*.

В каждом из двух блоков *timeMeasureEnd*, в поле Действие при входе нужно записать *Java-код*:

timeMeasureEnd

е

timeServiceAver

Имя: timeMeasureEnd ☒ Утобразить имя ☐ Исключить

Объекты TimeMeasureStart: timeMeasureStart

Вместимость набора данных: 1000

Действия

При входе: `timeServiceAver = timeMeasureEnd.distribution.mean() + timeMeasureEnd1.distribution.mean();`

Специфические

Тип агента: Agent

☒ Одиночный агент ☐ Коллекция агентов

```
timeServiceAver = (timeMeasureEnd.distribution.mean() + timeMeasureEnd1.distribution.mean())/2;
```



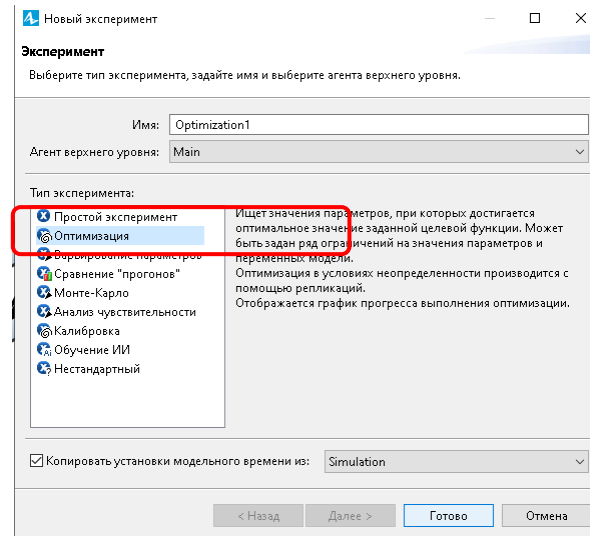
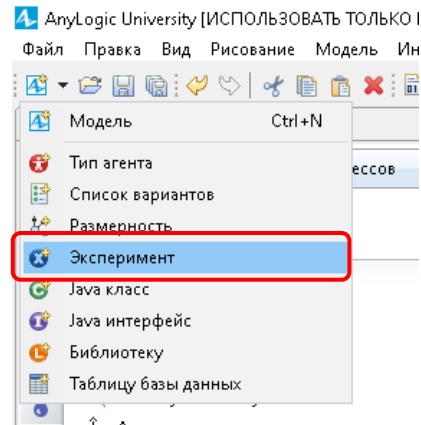
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Проведение эксперимента



5. Создается эксперимент оптимизации



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Проведение эксперимента



5. Настройка условий эксперимента

1) Сначала задается целевая функция:
root.timeServiceAver

«минимизировать»

2) Указываются параметры, которые должны изменяться при оптимизации. Указываются пределы изменения и шаг изменения.

3) Указываются «Требования» (ограничение).

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!!! Не
«Ограничения», а «Требования»!!!:

root.loader.utilization()

root.loader.utilization()

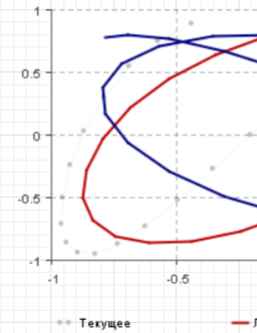
root.car.utilization()

root.car.utilization()

4). Создается «интерфейс» опыта.

Course project : Optimization

	Текущее	Лучшее
Итерация:	?	?
Функционал:	?	?
Параметры	Copy best	
truckNumber	?	?
railCarNumber	?	?
truckTimeService	?	?
railCarTimeService	?	?
loaderNumber	?	?
carNumber	?	?



Optimization - Оптимизационный эксперимент

Имя: Optimization ☐ Исключить

Агент верхнего уровня: Main

Целевая функция: ☒ минимизировать ☐ максимизировать
root.timeServiceAver 1

☐ Количество итераций: 1000

☐ Автоматическая остановка

Максимальный размер памяти: 512 M6

Создать интерфейс 4

Параметры

Параметр	Тип	Значение			
		Мин.	Макс.	Шаг	Начальное
truckNumber	фиксированный	10			
railCarNumber	фиксированный	8			
truckTimeService	фиксированный	3.5			
railCarTimeService	фиксированный	7.5			
loaderNumber	дискретный	2	30	1	
carNumber	дискретный	2	20	1	

Модельное время

Ограничения

Требования (проверяются после "прогона" для определения того, допустимо ли найденное решение)

Вкл.	Выражение	Тип	Гран...
☒	<i>root.loader.utilization()</i>	<=	0.75
☒	<i>root.loader.utilization()</i>	>=	0.5
☒	<i>root.car.utilization()</i>	<=	0.75
☒	<i>root.car.utilization()</i>	>=	0.5



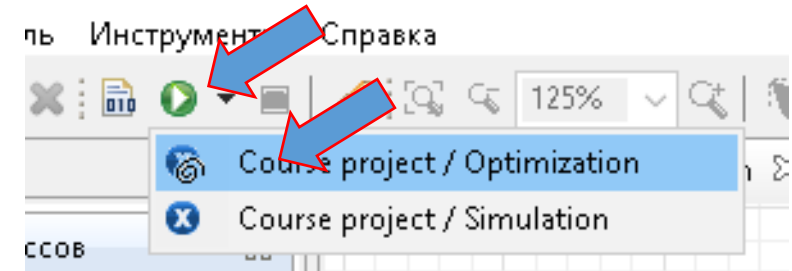
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



AnyLogic. Проведение эксперимента



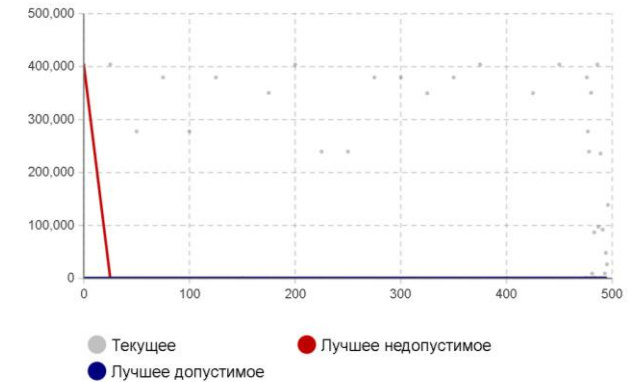
6. Запускаем эксперимент



7. Находим решение (графа «лучшее»)

Course project : Optimization

	Текущее	Лучшее
Итерация:	504 недопуст.	110
Функционал:	201,352.501	731.33
Параметры	Copy best	
truckNumber	10	10
railCarNumber	8	8
truckTimeService	3.5	3.5
railCarTimeService	7.5	7.5
loaderNumber	21	21
carNumber	17	14



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



**Thank you for your
attention!**

**Viacheslav I. Matsiuk
D-r of Engen. Sc., Professor**

**Department of Transport Technologies and Means in AIC,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv.**

vimatsiuk@gmail.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union